

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 篠原賢次

本論文は、強磁場利用の容易化に伴いその検討の活性化が進んでいるところの、反応・プロセスに対する磁場効果の一種である、金属材料の水溶液中での腐食に対する磁場効果を、金属腐食反応の電気化学的なメカニズムに着目したメカニズムの提唱によって取り扱うものであり、全6章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景、意義、目的が示されている。主には、多量に存在する非科学的な検討例と共に、寡少な、実験事実の報告例を示し、現象存在の可能性の高さを示し、近年の強磁場応用技術の進展に伴う、強磁場環境下における材料劣化検討の必要性を、またエネルギー論的に鑑みた場合の、磁場が反応系に与え得るエネルギーの僅少さを例にとり、非平衡論的な議論の必要性を述べている。

続く2章から5章にかけては、金属腐食に対する磁場の影響、特に反応速度変化と腐食面形態変化について、その存在の検証と、電気化学的腐食電流と外部磁場の相互作用による Lorentz 力による溶液流動の存在を基礎においたモデルに従ったそれらの現象の定性的な説明が試みられている。

第2章冒頭では、硝酸溶液中での銅の腐食が外部磁場によって、目視での確認が容易に行えるほどに抑制されることが実験的に示されている。また同時にサンプルの表面観察によって磁場の印加に伴う腐食面の平滑化も実験結果として示され、続くメカニズムの提唱における考察対象として供されている。

また、2章後半部においては、金属腐食が電気化学反応であり、会面近傍に電解電流成分が生じていることに着目し、電気化学的腐食電流と外部磁場との相互作用による Lorentz 力を駆動力とした流体運動効果、マイクロ MHD 効果による攪拌を提唱している。ここではマイクロ MHD モデルに従えば、磁場印加による腐食抑制、反応面の平滑化が、銅の腐食反応に内包される自己触媒過程阻害によって良く説明可能であることが示され、また電磁流体力学的な流れの存在下においてそのような反応抑制が生じることが流体力学的に流れを規制された電解セル (MHD 電極) による分極測定によって明らかとされている。

第3章においては、2章において示されたマイクロ MHD モデルの検証として、拡散律速にある金属腐食反応系に対する磁場印加と、その際の反応速度変化が検討されている。硝酸中での銅の腐食、および中性食塩溶液中での鉄の腐食が検討され、反応が活性種の拡散に律速される系においてマイクロ MHD 効果による攪拌が腐食速度の加速をもたらすことが腐食速度測定、分極測定、腐食電位測定等から示されている。特に銅の腐食に関しては、類似反応系において相反する効果ありうることを強調して論じている。

第4章においてはさらに、攪拌によっては速度変化を引き起こさないことが予想される、全反応が反応律速状態にある硫酸中における亜鉛の腐食が取り上げられ、強磁場の印

加によってその速度に観測可能な変化が生じないことが示されている。4章においてはこの事実を、磁場が直接的に反応に影響を与えているのではないことを示すものとして論じ、さらには、2章3章において反応に間接的に作用した攪拌効果が、亜鉛硫酸腐食系においても生じていることを Lorentz 力による運動の観察と、Lorentz 力を駆動力とした場合に導かれる理論上の予想との比較から論じ、両者の一致を示している。

5章ではマイクロ MHD モデルに従って予想される、電極界面に生じる巨視的な溶液流動の観察が行われ、モデルの妥当性の強調がなされている。2章において検討されたものと同様の硝酸溶液中での銅の腐食反応界面において、巨視的な流体運動が生じることが示され、その特徴が微視的な反応活性点上に生じると考えられる Lorentz 力と、それによって引き起こされる流れの形状に対する考察から導かれる予想に合致するものであることが述べられている。

6章は総括であり、本研究を各章ごとに要約すると共に、全体として、腐食に対する磁場効果の存在検証、及びそのメカニズムの1つとして、十分に科学的検討が可能である機構を掲げるといふ当初の目的が果たされたことが述べられている。またそれにあわせて、本研究の位置付けの再提示、および今後の展望が述べられている。

以上、本論文は、その検討の必要性にもかかわらず、未踏破のままであった、磁場、及び強磁場中での金属材料の劣化について、新規なモデルの提示、及びその検証を行っている。これらの知見は、今後一層必要とされるであろう、強磁場応用設備の実用的上の問題を解決するにあたって極めて有力な基礎的概念の一部となりうるものであり、材料科学・工学の発展に寄与するところ大である。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。